

#2

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 23 JUN 2003	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 15 405.8

Anmeldetag: 08. April 2002

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Funktionsprüfung eines Analog-Digital-Wandlers sowie Analog-Digital-Wandler

IPC: H 03 M 1/10

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 16. April 2003
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident
Im Auftrag

Agurks

BEST AVAILABLE COPY

08.04.02 Sy/Hx

5
ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10 Verfahren und Vorrichtung zur Funktionsprüfung eines Analog-
 Digital-Wandlers sowie Analog-Digital-Wandler

Stand der Technik

15 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung
 zur Funktionsprüfung eines Analog-Digital-Wandlers sowie
 einen Analog-Digital-Wandler gemäß den Oberbegriffen der
 unabhängigen Ansprüchen.

20 Analog-Digital-Wandler sind in vielfältiger Weise bekannt,
 wie beispielsweise aus „PC gesteuerte Messtechnik ...“ von
 Klaus Dembowski, Markt- und Technik Verlag 1993.

 Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Funktionsprüfung
 eines Analog-Digital-Wandlers ist daneben aus der DE 195 13
 081 A1 bekannt. Dabei wird eine eingestellte Testspannung
 vom Analog-Digital-Wandler gewandelt. Diese Testspannung
 wird durch einen Spannungsteiler erzeugt, welcher wie die
 Referenzspannung des Analog-Digital-Wandler von derselben
30 internen Spannung versorgt wird. Dabei hat der Analog-
 Digital-Wandler genau eine vorgesehene Referenzspannung,
 wobei zur Erkennung einer fehlerhaften Referenzspannung der
 gewandelte Testspannungswert dahingehend geprüft wird, ob er
 einem bekannten Sollwert innerhalb eines zulässigen
35 Toleranzbandes entspricht.

Aufgabe der Erfindung

Erfindungsgemäß möchte man nun für verschiedene Signale, beispielsweise in einem Steuergerät, insbesondere in einem Fahrzeug, gewisse Bereiche des Signals oder auch das ganze Signal mit höherer Auflösung wandeln. Dazu soll nicht nur eine feste Referenzspannung für einen Analog-Digital-Wandler eingesetzt werden, sondern mehr als eine Referenzspannung. Erfindungsgemäß werden nun also Analog-Digital-Wandler derart ausgebildet oder konfiguriert, bzw. softwareunterstützt betrieben, dass die Verwendung wenigstens zweier Referenzspannungen für den Analog-Digital-Wandler möglich wird. Damit wird im Steuergerät nicht nur eine feste Referenzspannung, wie im Stand der Technik, sondern es werden wenigstens zwei unterschiedliche Referenzspannungen zur Verfügung gestellt.

Ebenso ist es erfindungsgemäß möglich, insbesondere per Software, jeder beliebigen Analog-Digital-Wandlung auf einem beliebigen Analog-Digital-Kanal eine dieser Referenzspannungen auszuwählen bzw. aufzuschalten. Mit diesen erfindungsgemäß neuen Funktionalitäten sind nun auch Fehlerbilder möglich, die in den bisherigen Rechnergenerationen nicht auftreten konnten, die jedoch im Sinne der Sicherheit beherrscht werden müssen, da eine fehlerhafte interne Referenzspannung bei einem Analog-Digital-Wandler zu einem falschen Wandelergebnis führt, was bei sicherheitskritischen Signalen, wie beispielsweise Signale des Fahrpedalmoduls in einem Fahrzeug erhebliche Folgen, wie beispielsweise im konkreten Beispiel eine fehlerhafte Beschleunigung, nach sich ziehen würden.

Weitere Beispiele und eine weitere Konkretisierung hierzu folgen in der Beschreibung der Ausführungsbeispiele.

5 Festzuhalten ist, dass mit dem bisherigen Analog-Digital-Wandler Testverfahren, also der bisherigen Funktionsprüfung Fehler, die zu einer ungewollten Umschaltung und damit zu einer falschen Referenzspannung führen, nicht erkannt werden können.

10 Es ist daher Aufgabe der Erfindung, neben der Ermöglichung der Wandlung eines Signals unter Zuhilfenahme mehrerer Referenzen gleichzeitig die dabei möglichen Fehler sicher zu erkennen und eine entsprechende Fehlerreaktion einzuleiten bzw. auszuführen.

Vorteile der Erfindung

15 Die Erfindung geht aus von einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Funktionsprüfung eines Analog-Digital-Wandlers ADC, wobei der Analog-Digital-Wandler ADC eine Funktion zur Wandlung wenigstens eines analogen Signals in wenigstens ein digitales Signal unter Verwendung einer
20 ersten vorgegebenen Referenzspannung durchführt, sowie einem entsprechenden Analog-Digital-Wandler.

Vorteilhafter Weise ist der Analog-Digital-Wandler derart ausgestaltet, dass die Funktion des Wandeln alternativ unter Verwendung wenigstens einer weiteren, insbesondere einer vorgegebenen zweiten Referenzspannung durchgeführt werden kann, wobei zur Funktionsprüfung der Analog-Digital-Wandler derart gesperrt wird, dass eine Verwendung
30 wenigstens der weiteren, insbesondere der zweiten Referenzspannung durch den Analog-Digital-Wandler verhindert wird und zweckmäßiger Weise zur Funktionsprüfung ein vorgegebenes analoges Signal in ein digitales Signal gewandelt wird, wobei dieses digitale Signal ausgewertet wird.

Dabei wird vorteilhafter Weise ein analoges Signal unter Verwendung der ersten Referenzspannung gewandelt und zur Funktionsprüfung das unter Verwendung der ersten Referenzspannung gewandelte digitale Signal mit einem unter Verwendung der ersten Referenzspannung erwarteten vorgegebenen Signal ausgewertet (Normalprüfung).

In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird das analoge Signal unter Verwendung der ersten Referenzspannung zwar gewandelt, aber zur Funktionsprüfung das unter Verwendung der ersten Referenzspannung gewandelte digitale Signal mit einem unter Verwendung der zweiten Referenzspannung erwarteten vorgegebenen Signal ausgewertet (Kreuzprüfung).

Dabei kann nun vorteilhafter Weise zum einen das aus dem analogen Signal gewandelte digitale Signal mit dem entsprechenden erwarteten Signal verglichen werden oder aus dem digitalen Signal kann die verwendete Referenzspannung ermittelt werden und diese wird dann mit einer erwarteten vorgegebenen Referenzspannung verglichen.

Abhängig von dem Vergleich einerseits der ermittelten Referenzspannung mit der wenigstens einen vorgegebenen Referenzspannung oder auch abhängig von dem Vergleich des aus dem vorgegebenen analogen Signal gewandelten digitalen Signals mit dem wenigstens einen erwarteten Signal kann dann auf Fehler erkannt werden und eine vorgegebene Fehlerreaktion eingeleitet werden.

Dabei kann die Fehlerreaktion zweckmäßiger Weise einmal dann erfolgen, wenn bei dem Vergleich keine Übereinstimmung innerhalb einer vorgebbaren Toleranz erzielt wird oder zum Anderen wenn bei dem Vergleich Übereinstimmung innerhalb einer vorgebbaren Toleranz erzielt wird.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird das wenigstens eine erste analoge Signal als eine erste Gruppe von ersten Signalen gewandelt und ein wenigstens zweites analoges Signal als eine zweite Gruppe von zweiten Signalen gewandelt, wobei dem ersten Signal nur jeweils genau eine Referenzspannung zur Wandlung zugeordnet ist.

Zweckmäßiger Weise können dann diese beiden Gruppen zwei Analog-Digital-Wandler-Bänken bzw. einem ersten Analog-Digital-Wandler und einem zweiten Analog-Digital-Wandler jeweils eindeutig zugeteilt werden. Dadurch kann vorteilhafter Weise nur derjenige Analog-Digital-Wandler der Funktionsprüfung durch Sperrung unterzogen werden, bei dem dieses wenigstens eine analoge Signal jeweils mit nur einer Referenzspannung gewandelt werden soll.

Zweckmäßiger Weise wird die Funktionsprüfung an einem vorgegebenen analogen Testsignal durchgeführt, wobei in einer besonderen Ausgestaltung die Funktionsprüfung ausschließlich an dem vorgegebenen analogen Testsignal durchgeführt wird.

In einer zweckmäßigen Ausgestaltung, kann ein Analog-Digital-Wandler gemäß den vorgenannten Vorteilen in zwei Modi betrieben werden, wobei ein erster Modus oder Mode die Verwendung verschiedener Referenzspannung zur Wandlung gestattet und ein zweiter Modus oder Mode nur eine Referenzspannung zur Wandlung zulässt.

Vorteilhafter Weise erfolgt eine insbesondere softwaremäßige Zuordnung von Referenzspannungen durch wenigstens zwei Werte für verschiedene Referenzspannungen, die in einer Tabelle in einem Speicher abgelegt sind, wobei durch Auswahl eines Wertes eine Referenzspannung zur Verwendung bei der Wandlung vorgegeben wird.

Zweckmäßiger Weise kann dann die Funktionsprüfung, insbesondere durch das Separieren erster und zweiter Gruppen von Signalen nur für die erste Gruppe durchgeführt werden.

5

Damit kann vorteilhafter Weise eine fehlerhafte Konfiguration, insbesondere Modi-Einstellung des Analog-Digital-Wandlers erkannt werden. Das bedeutet, dass ein gesperrter Analog-Digital-Wandler weiterhin die Eigenschaft besitzt, alternative Referenzen zu benutzen, anstatt sie nicht zu benutzen, die Sperrung also nicht funktioniert.

10

Weiterhin müssen vorteilhafter Weise über die Absicherung des Analog-Digital-Wandler-Modes nicht alle Analog-Digital-Kanäle einzeln auf eine falsche Referenzspannung hin geprüft werden. Es genügt die Eigenschaft des Modes, der insbesondere hardwarebedingt auf alle Analog-Digital-Kanäle eines Analog-Digital-Wandlers bzw. einer Analog-Digital-Wandler-Bank gleichermaßen wirkt, exemplarisch an einem Kanal, insbesondere am Testspannungskanal zu prüfen.

15

20

Durch die erfindungsgemäße Erkennung einer falschen Modi-Einstellung im neuen Verfahren, welche eine Referenzumschaltung auf sicherheitsrelevanten Analog-Digital-Kanälen zulassen würde, wird die Nutzung einer zusätzlichen Referenzspannung aus sicherheitstechnischer Sicht zulässig. Mit der Nutzung der zusätzlichen Referenzspannung bzw. Referenz erreicht man eine erhebliche Reduzierung der Stoffkosten, da beispielsweise bisher in der Hardware diskret aufgebaute Schaltungsteile, wie zum Beispiel ein 4-fach-Verstärker, eines Istwert-Potentiometers durch Software bzw. durch Wandlung mit einer $\frac{1}{4}$ -Referenz ersetzt werden kann.

30

Das Verfahren ist prinzipiell realisierbar ohne zusätzlichen Hardwareaufwand, insbesondere im Vergleich zum bisherigen Testspannungsverfahren, wie im Stand der Technik beschrieben.

5

Vorteilhafter Weise ist das Verfahren auch mit sehr geringem Software-Aufwand realisierbar.

10

Daneben ergibt sich eine eindeutige Diagnose, d.h. eine Fehlerzuordnung zum Analog-Digital-Wandler, welche komponentenunabhängig ist.

15

D.h. es erfolgt die Erkennung einer falschen Referenz bzw. eines falschen Analog-Digital-Wandler-Modus anhand einer tatsächlichen Analog-Digital-Wandlung, insbesondere einer Testspannung. Dies ist überwachungstechnisch sicherer, d.h. es müssen keine zusätzlichen Informationen aus den Mode- oder Konfigurationsregistern zur Auswertung verwendet werden, denn diese könnten zwar richtig ausgelesen werden, ob der defekte Analog-Digital-Wandler diese jedoch intern falsch weiterverarbeitet, kann daran nicht erkannt werden.

20

Vorteilhafter Weise werden weiterhin die bisherigen Fehlererkennungsmechanismen abgedeckt, das Verfahren ist somit eine Erweiterung zum Testspannungsverfahren. Beispiel Analog-Digital-Wandler Steigungs- und Offsetfehler oder hängende Bitstellen im Analog-Digital-Wandlerergebnis durch die Abweichung vom Sollwert insbesondere der Testspannung erkannt werden können.

30

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus der Beschreibung sowie den Merkmalen der Ansprüche.

Zeichnung

35

Die Erfindung wird im weiteren anhand der in der Zeichnung dargestellten Figuren näher erläutert.

Dabei zeigt

5

Figur 1 einen Ausschnitt aus einem Steuergerät, welcher erfindungswesentliche Teile zeigt.

10

Figur 2 offenbart das erfindungsgemäße Verfahren anhand einer Vorrichtung in Blockschaltdarstellung.

In Figur 3 ist noch einmal kurz das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines Flussdiagramms erläutert.

15

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

20

Die erfindungsgemäßen Rechnergenerationen, wie hier die Recheneinheit 100, haben nicht nur eine feste Referenzspannung UREF, wie beispielsweise 5 V, sondern besitzen zwei oder evtl. mehrere unterschiedliche Referenzspannung UREF1 und UREF2, usw. zur Verwendung im Rahmen der Analog-Digital-Wandlung. Erfindungsgemäß ist dabei auch die Möglichkeit gegeben, per Software jeder beliebigen Analog-Digital-Wandlung auf beliebigem Analog-Digital-Kanal eine dieser Referenzspannungen auszuwählen bzw. aufzuschalten.

30

Dabei entstehen nun neuartige Fehlerbilder, die in den bisherigen Rechnergenerationen nicht auftreten konnten, die jedoch im Sinne der Sicherheit beherrscht werden müssen, da eine fehlerhafte interne Referenzspannung bei einem A/D-Wandler zu einem falschen Wandlerergebnis führt.

35

D.h. als Ausgangspunkt, dass es für verschiedene Signale im Steuergerät vorteilhaft ist, gewisse Bereiche des Signals

mit höherer Auflösung zu wandeln. Ein Beispiel hierfür ist das Drosselklappensignal im Leerlaufbereich eines Fahrzeugs, das dort heute mehrfach elektrisch verstärkt noch einmal eingelesen wird oder der Motortemperaturfühler, um eine höhere Auflösung, beispielsweise bei 100 Grad zu erreichen. Dabei ergibt sich das genannte kritische Fehlerbild aus Sicht der Überwachung, dass das Vorhandensein der Wandlung mit unterschiedlichen Referenzspannungen bei anderen Signalen, wie z.B. den Informationen aus dem Fahrpedalmodul, dazu führen könnte, dass beispielsweise beide Kanäle des Fahrpedalmoduls verstärkt eingelesen würden, womit beispielsweise das Fahrzeug selbst beschleunigt würde.

Verursacht ein Fehler die Wandlung mit einer falschen Referenz auf mehreren Kanälen wie z.B. SP1S und SP2S in Figur 1, so ist das Wandlenergebnis auf jedem dieser Kanäle um denselben Verstärkungsfaktor falsch. Die bisherige Überwachungsfunktionen zur Absicherung dieser Signale beruhen auf der Plausibilisierung zweier Signale. Diese können dann solche genannten Fehler nicht detektieren, da das Verhältnis zueinander gleich bleibt, der Wert jedoch falsch ist.

Eine solche fehlerhafte Referenzspannung oder kürzer Referenz, kann durch Kurzschlüsse auf der Leiterplatte im Steuergerät, Hochohmigkeiten am PIN des IC's, also des integrierten Schaltkreises wie durch kalte Lötstelle oder Bonden, durch einen Speicherfehler, die zu einer falschen Analog-Digital-Wandlerkonfiguration führen oder auch durch interne Defekte in integrierten Schaltungen auf dem Rechner bzw. dem Analog-Digital-Wandler-Siliziumchip entstehen. Ebenso kann einfach ein falscher der verwendbaren Referenzwerte oder eine falsche Referenzspannung eingesetzt sein.

Da in den Fahrzeug-Steuergeräten, insbesondere in Motorsteuergeräten im Fahrzeug sicherheitsrelevante Signale wie beispielsweise der Fahrerwunsch durch das Fahrpedal vom Analog-Digital-Wandler gewandelt werden und diese Werte dem Steuergerät unmittelbar ein entsprechendes Motormoment im Motor des Kraftfahrzeugs einstellen, müssen solche Fehler sicher erkannt werden können. Dies gilt besonders für zu hohe Werte, da diese zu einer Selbstbeschleunigung, einem nicht beherrschbaren Fahrzustand oder einer Gefährdung von Personen führen könnte. Dies gilt ebenso für sicherheitskritische Situation in anderen Anwendungen, wie z.B. der Automatisierung oder im Werkzeugmaschinenbereich, usw.

Mit den bisherigen Analog-Digital-Wandler-Testverfahren können Fehler, die zu einer ungewollten Umschaltung und damit zu einer falschen Referenz führen, nicht erkannt werden. Die vorliegende Erfindung erfüllt somit die oben genannte Aufgabe, diese Fehler sicher zu erkennen und damit entsprechende Fehlerreaktionen auszuführen. Eine solche Fehlerreaktion ist beispielsweise eine gezielte Leistungsreduzierung im Falle der Motorsteuerung.

Dazu zeigt Figur 1 erfindungswesentliche Teile aus einem Steuergerät SG. Darin ist mit 100 eine Recheneinheit oder Steuereinheit, insbesondere ein Prozessor oder Mikrocomputer gezeigt. Dieser enthält mit 101 bzw. 102 integrierte Schaltkreise, die ihrerseits Analog-Digital-Wandler ADC1 bzw. ADC2 enthalten. Daneben sind Umschaltvorrichtungen SADC2 sowie SADC1 zur Umschaltung zwischen zwei Referenzspannungen UREF1 und UREF2 dargestellt. Verschiedene Analogeingangs(kanal)gruppen AE2 bzw. AE1 sind durch die dargestellten Schalter für die Analogsignale SA1 bzw. SA2 umschaltbar.

Die Referenzspannungen UREF1 bzw. UREF2 werden aus einem Referenzspannungsgenerator entnommen, der mit 103 dargestellt ist. Darin ist eine Basisversorgungsspannung UVDD1 gezeigt, welche in diesem Beispiel UREF1 entspricht. Über einen Spannungsteiler mit den Widerständen R1 bzw. R2 sowie einer angekoppelten Kapazität C1 kann dann eine Spannung U1 bzw. UREF2 ebenfalls dem Block 103 entnommen werden. Neben dem dargestellten Beispiel im Block 103 mittels Spannungsteilung ist jede andere Möglichkeit zur Erzeugung der Referenzspannung, wie beispielsweise unterschiedliche Spannungsquellen oder einen tatsächlichen Referenzspannungsgenerator usw. erfindungsgemäß denkbar zur Erzeugung wenigstens zweier Referenzspannungen.

Gleiches gilt für die Erzeugung der Testspannung UTEST im Block 104. Darin ist eine Versorgungsspannung UVDD2 gezeigt, die gleich oder ungleich zu UVDD1 sein kann. Auch hier wird mittels Spannungsteilung eine Spannung U2, die hier der Testspannung UTEST entspricht, erzielt. Mit C2 ist eine Kapazität dargestellt. Auch hier kann die Testspannung UTEST auf beliebige Arten erzeugt werden, beispielhaft durch Spannungsteilung, aber wie oben auch genannt, sind andere Möglichkeiten gegeben.

Eine fehlerhafte interne Referenzspannung führt bei einem Analog-Digital-Wandler ADC zu einem falschen Wandelergebnis, obwohl am Analog-Digital-Kanal physikalisch eine unveränderte Spannung anliegt. Der Analog-Digital-Wandler ADC wandelt die Analogspannung immer relativ (ratiometrisch) zu seiner Referenzspannung. Ist die Referenzspannung, wie in der gewünschten Anwendung bei dem vorgenannten Steuergerät SG zum Beispiel um den Faktor 4 zu klein, so ist das Wandelergebnis um den Faktor 4 zu groß.

Das hier dargestellte Steuergerät SG ist beispielsweise ein Motorsteuergerät in einem Kraftfahrzeug oder auch ein anderweitiges Steuergerät in einem Fahrzeug bzw. ebenso im Werkzeugmaschinenbereich oder der Automatisierung denkbar. Darin eingesetzt ist ein Mikrocontroller 100 mit in diesem Beispiel zwei Referenzspannungseingängen (UREF1 und UREF2). Am Standardreferenzspannungseingang liegt beispielsweise eine Spannung von 5 V, hier UREF1. Am zweiten alternativen Referenzspannungseingang UREF2 liegt die über einen Spannungsteiler erzeugte alternative Referenzspannung von beispielsweise 1,2 V. Für andere Anwendungen sind auch andere Spannungswerte denkbar. Damit ergibt sich eine beispielhafte Dimensionierung der Bausteine im Spannungsteiler im Block 103 von R1 mit 31,6 k Ω , R2 mit 10 k Ω und C1 mit 100 nF (Für UREF1 von 5V und UREF2 von 1,2V).

Der Mikrocontroller 100 hat zwei Analog-Digital-Wandler-Bänke bzw. Analog-Digital-Wandler ADC1 bzw. ADC2 beispielsweise mit je 16 Analog-Digital-Kanälen auf dem Rechnerchip. Die Analogeingänge bzw. die Analogkanäle sind mit AE2 für ADC2 bezeichnet und beispielhaft ist darin einer mit IP1F bezeichnet. Diese sind über den Schalter SA2 umschaltbar. Die Analogeingänge AE1 oder Analog-Digital-Kanäle AE1 umfassen die Kanäle UTEST, IP2S, SP1S, SP2S, HFM und DSS, usw. Dies sind beispielsweise Sensorsignale vom Heißfilmluftmassenmesser HFM oder auch Drehzahlsignale wie DSS sowie von weiterer Sensorik oder auch weiteren Steuergeräten oder Teilnehmern im Rahmen eines Steuergeräteverbundes. Die Funktionsprüfung kann mit wenigstens einem von diesen Signalen, insbesondere dem Testsignal durchgeführt werden.

Das Testsignal mit dem beispielsweise, wie nachher noch beschrieben, die Funktionsprüfung durchgeführt werden kann, wird im Block 104 generiert, beispielsweise auch hier über

einen Spannungsteiler mit R3, R4 aus einer Spannung UVDD2. Auch hier wird beispielhaft eine Dimensionierung gewählt, mit $R3 = 3,83 \text{ k}\Omega$ und $R4 = 10 \text{ k}\Omega$ sowie $C2 = 22 \text{ nF}$, was zu einer Testspannung UTEST von 3,6 V führt.

5

Das eigentliche Testverfahren bzw. die Funktionsprüfung und die Modieinstellungen werden nun in Figur 2 beschrieben. Dabei stehen im Block 107 zwei Modi, also zwei Modeeinstellungen zur Verfügung, MODE1 und MODE2, welche jeweils die Eigenschaft der Analog-Digital-Wandler bezüglich der Referenzspannung für eine komplette Bank, also beispielsweise für 16 Analog-Digital-Kanäle bestimmen. Dabei bedeutet der MODE1, dass alle Analog-Digital-Kanäle der Bank für Analog-Digital-Wandlungen mit UREF2 gesperrt sind. Der MODE2 bedeutet, dass alle Analog-Digital-Kanäle der Bank Analog-Digital-Wandlungen mit UREF1 oder mit UREF2 durchführen können. Hier dargestellt, kann für jede Analog-Digital-Wandlung per Software im Betrieb im MODE2 zwischen den hier zwei Referenzen UREF1 und UREF2 ausgewählt werden. Dazu werden alle Analog-Digital-Wandlungen, die ausgeführt werden sollen, in einer Tabelle T, insbesondere einer Tabelle in einem Speicher, einer Speichertabelle T, definiert. Wobei sich der Speicher ebenfalls im Steuergerät insbesondere auf dem Mikrocontroller 100 befindet.

10

15

20

30

35

Hier kann durch Setzen einer bestimmten Bit-Position beispielsweise in einem Register CCW die gewünschte Referenzspannung gewählt werden, die dann bei dieser Wandlung verwendet wird. Die in diesem Beispiel verwendete Bit-Position ist das UREF-BIT, das hier in diesem Beispiel, da nur zwei Referenzspannungen verwendet werden, ausreicht. Bei Einsatz mehrerer Referenzspannung sind entsprechend mehrere Bits zu wählen. Die Modeumschaltung erfolgt beispielsweise heraus aus einem Register 108, bei welchem ein bestimmtes Bit, hier das ADC-Mode-Bit gesetzt oder nicht

gesetzt ist und demnach der MODE1 oder der MODE2 gewählt wird. Auch hier beim Wählen mehrerer Modi über zwei hinausgehend müssten mehr Bits als das eine Bit zur Modumschaltung gewählt werden. So können bestimmten Modis unterschiedliche Referenzspannungen, die zur Wandlung eingesetzt werden können, zugeordnet sein.

Mit Block 103 ist wiederum der aus Figur 1 bekannte Referenzspannungsgenerator dargestellt. Gleiches gilt für den Testspannungsgenerator in Block 104.

Die Modewahl wird symbolisch durch den Schalter S1 repräsentiert, durch welchen dann Einfluss auf den Schalter SADC1 zur Auswahl der entsprechenden Referenz erfolgt. Mit AE1 sind wieder die Analogeingänge der Analog-Digital-Kanäle hier für die Analog-Digital-Bank bzw. den Analog-Digital-Wandler ADC1 dargestellt. Dieser gibt ein digitales Signal DS aus, dass dann in dem Block 106 ausgewertet werden kann, woraus sich dann eine Fehlerreaktion FR ergibt. Dies ist zusammenfassend im Block 105 dargestellt. Die Blöcke 107, 103, 104 und 105 sind Teil des Steuergerätes SG, insbesondere sind die Blöcke 107 und 105 in einer vorteilhaften Ausgestaltung Teil des Mikrocontrollers 100.

Figur 3 zeigt nun unter Bezugnahme auf die Figuren 1 und 2 einen möglichen erfindungsgemäßen Verfahrensablauf.

Das Verfahren besteht aus einer hardwaremäßigen Auslegungsvorschrift, die erfüllt werden sollte und einer darauf abgestimmten Konfiguration des Analog-Digital-Wandlers und entsprechendem Softwareablauf.

Die Hardwareauslegungsvorschrift beinhaltet zunächst eine Kanalfestlegung. Hier werden alle sicherheitsrelevanten Signale, die von einer falschen Referenzspannung geschützt

werden sollen, auf einen Analog-Digital-Wandler bzw. auf eine Analog-Digital-Wandler-Bank (ADC-Bank) gelegt, wie beispielsweise SP1S, SP2S, IP2S, HFM und DSS auf die ADC-Bank ADC1. Die Testspannung UTEST, mit der die richtige Modeeinstellung für diese Bank geprüft werden kann, muss dann auch an dieser ADC-Bank anliegen. Alle Signale, die die alternative Referenz funktional verwenden sollen, werden dann auf wenigstens eine andere ADC-Bank gelegt. Im vorliegenden Anwendungsfall entspricht dies einer ADC-Bank mit 16 Analog-Digital-Kanälen. Bei anderen Rechnern bzw. Analog-Digital-Wandlern kann dies auch einer bestimmten ADC-Kanalgruppe, auf der doch eine feste Vorgabe keine ADC-Wandlung mit alternativer Referenz möglich sind, sein. D.h. neben einer Bankeinteilung kann auch eine reine Einteilung in eine Gruppe erster Signale und eine Gruppe zweiter Signale usw. erfolgen.

Die Konfiguration und der Softwareablauf entstehend gemäß Figur 2 in Block 301. Darin wird zum einen die Analog-Digital-Wandler-Eigenschaften der ADC-Bänke bzw. der Signalgruppen festgelegt. Dies erfolgt typischerweise einmal im Systemhochlauf, also bei der Initialisierung und gilt dann für den gesamten Zyklus, insbesondere Fahrzyklus. Beispielsweise wird hier die Konfiguration ADC-Wandler 1 im MODE1, also Wandlung mit alternativer Referenz gesperrt und der ADC-Wandler ADC2 im MODE2, also Wandlung mit alternativer Referenz erlaubt, betrieben.

Danach erfolgt in Block 302 die Wandlung beispielsweise der Testspannung als Repräsentant der AE1-Gruppe mit Vorgabe alternativer Referenzspannung. D.h. bei korrekter Mode-Einstellung ist die Wandlung mit der alternativen Referenz nicht wirksam, sondern wird mit der Standardreferenz gewandelt. Die Vorgabe dient jedoch als Kontrollmechanismus, um einen fehlerhaft wirksamen Mode zu erkennen.

Danach erfolgt in Block 303 die Prüfung der Testspannung, also des aus der analogen Testspannung gewandelten digitalen Wertes, insbesondere unter Hinzunahme eines Toleranzbandes von $UMIN < UTEST < UMAX$. Dieser Test kann nun dahingehend erfolgen, dass wie bereits in den Vorteilen beschrieben, das analoge Signal insbesondere die Testspannung UTEST unter Verwendung der ersten Referenzspannung UREF1 gewandelt wird und zur Funktionsprüfung, das unter Verwendung der ersten Referenzspannung gewandelte digitale Signal DS mit einem unter Verwendung der ersten Referenzspannung UREF1 erwarteten vorgegebenen Signal DSREF1 ausgewertet wird entsprechend einer Normalprüfung oder eines Normalvergleichs.

Andererseits kann nun auch ein analoges Signal unter Verwendung der ersten Referenzspannung UREF1 gewandelt werden also insbesondere die Testspannung UTEST wobei zur Funktionsprüfung das unter Verwendung der ersten Referenzspannung UREF1 gewandelte digitale Signal DS mit einem unter Verwendung der zweiten Referenzspannung UREF2 erwarteten vorgegebenen Signal DSREF2 ausgewertet wird also eine Kreuzprüfung bzw. ein Kreuzvergleich.

Fehlerreaktionen können nun in beiden Fällen der Normal- sowie der Kreuzprüfung dahingehend abgeleitet werden, dass die Identität bei dem Vergleich im Rahmen des Toleranzbandes eine Fehlerreaktion auslöst oder die Ungleichheit im Rahmen des Vergleichs eine Fehlerreaktion auslöst.

Eine Fehlerreaktion ist also je nach Anwendung z.B. dann auszulösen wenn

- DSREF1 ungleich DS mit UREF1
- DSREF2 gleich DS mit UREF1, usw.

wobei DS insbesondere innerhalb des besagten Toleranzbandes

liegen dürfte, welches sich bei digitalen Signalen als $DS_{MIN} < DS$ mit $UREF1 < DS_{MAX}$ und im wesentlichen aus Toleranzen im analogen Signal U_{TEST} ergibt.

5 Bei Ungleichheit erfolgt dann bei Werten insbesondere außerhalb des Toleranzbandes eine entsprechende Fehlerreaktion. Bei Anwendung des Gleichheitskriteriums erfolgt also eine Fehlerreaktion bei Werten insbesondere innerhalb des Toleranzbandes. Die gewünschte Genauigkeit
10 kann durch Vorgabe einer Toleranz erfolgen die im Extremfall auch mit Null angegeben werden kann.

Als Fehlerreaktion in Block 304 sind dabei insbesondere eine Leistungsreduzierung im Rahmen der Motorsteuerung, das
15 Starten bestimmter Notlaufprogramme insbesondere mit fest eingestellten Bedingungen oder auch Abschalten bestimmter Funktionen, u. s. w. denkbar. Dabei kann die Fehlerreaktion abhängig vom gewandelten digitalen Signal oder der daraus rückgerechneten Referenzspannung erfolgen, wie z.B. abhängig
20 von der Höhe der Abweichung vom erwarteten Wert unterschiedlich. Von schwachen Maßnahmen bei geringer Abweichung bis Funktionsabschaltung und Notlauf bei höheren Abweichungen. Dazu können dann neben dem Toleranzband weitere Schwellwertbereiche für verschiedene Fehlerreaktionen festgelegt werden.

Dabei kann die Überprüfung anhand eines Vergleichs der Digitalen aus den analogen Werten gewandelten Signale mit einem Ziel- bzw. Sollwert erfolgen oder durch Vergleich der
30 Referenzspannungswerte bei einem Rückrechnen der Referenzspannung aus dem gewandelten digitalen Signal DS .

Die Konfiguration des Modes ist mit dem Schalter $S1$ dargestellt in Figur 2. Mit diesem Schalter kann also
35 zwischen den beiden Moden Mode 1 und Mode 2 gewählt werden.

In Mode 1 sind nur Wandlungen mit der Standardreferenz z. B. 5 Volt UREF1 möglich. In Mode 2 kann jede beliebige AD-Wandlung entsprechend der Definition in der Tabelle T hier wählbar durch das UREFBIT im Register CCW eine Referenzspannung auswählen. Dies ist dann mit dem Schalter SADC1 dargestellt.

Da die Referenzen beliebigen Analog-Digital-Wandlungen zuordenbar sind, hat eine Prüfung der Referenz auf dem Testspannungskanal normalerweise keine Aussagekraft über den Zustand bzw. die Referenz eines anderen Kanals. Eine Plausibilisierung aller Signale auf korrekter Referenz ist mit hohem Aufwand verbunden oder ist nicht realisierbar. Deshalb wird in dem dargestellten Verfahren erfindungsgemäß die Möglichkeit verwendet bestimmte Kanalgruppen durch eine bestimmte Modeeinstellung von der Fähigkeit der Wandlung mit einer alternativen Referenz zu sperren. Dabei kann durch geeignete Wahl erzielt werden, dass ganze Kanalgruppen insgesamt an einen eingestellten Mode gebunden werden, insbesondere durch die Rechenhardware. Wird nun der Modenzustand beispielhaft an einem Kanal insbesondere dem Testkanal UTEST geprüft, kennt man damit die Kanaleigenschaft der gesamten Kanalgruppe AE1. Dabei können mehrere Kanalgruppen vorgesehen sein, die jeweils nur mit einer Referenz zu wandeln sind. Dann sollte pro Kanalgruppe ein Testkanal mit entsprechender Referenz vorgesehen sein. Dabei ist aus eine interne, insbesondere softwaremäßige Umschaltung zwischen Testkanälen und den zugehörigen Referenzen denkbar.

Dabei wird der Modenzustand nicht durch Auslesen des ADC-Modes selbst geprüft (Register 108) sondern eine tatsächliche Analog-Digital-Wandlung insbesondere mit Hilfe der Testspannung dazu verwendet. Die Aussage über den Modenzustand ist in dem Wandelergebnis dann bereits

enthalten, da die Analog-Digital-Wandlung mit der
Einstellung für Wandlung mit Alternativreferenz also dem
UREFBIT = 1 durchgeführt wird. Die Analog-Digital-Wandlung
kann bei richtiger Modeeinstellung MODE1 trotz einem UREFBIT
5 = 1 keine Wandlung mit Alternativreferenz UREF2, sondern
nur mit der Standardreferenz UREF1 von beispielsweise 5 Volt
durchführen. Das Ergebnis ist dann richtig und entspricht
dem erwarteten Testspannungswert. Wäre die Modeeinstellung
fehlerhaft oder würde der ADC eine Analog-Digital-Wandlung
10 mit einer falschen Referenz, insbesondere UREF2, durchführen
wäre das Ergebnis falsch und sofort am gewandelten
Testspannungswert erkennbar. Gleiches gilt für eine
fehlerhaft veränderte Referenz wie eingangs erwähnt, die
nicht der Alternativreferenz entspricht.

15 Das hier dargestellte Ausführungsbeispiel soll die
erfindungsgemäßen Möglichkeiten nicht begrenzen, sondern
einige Aufzeigen. Das erfindungsgemäße Verfahren und die
Vorrichtung sowie der Analog-Digital-Wandler erstreckt sich
20 auf alle hierbei denkbaren Möglichkeiten, insbesondere
bezüglich Gleichheits- und Ungleichheitstest bei Kreuz- und
Normalprüfung oder insbesondere dem Einsatz verschiedener
Kanäle und Kanalgruppen mit erlaubten ein oder mehr
Referenzen, usw.

08.04.02 Sy/Hx

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Ansprüche

- 10 1. Verfahren zur Funktionsprüfung eines Analog-Digital-Wandlers,
wobei der Analog-Digital-Wandler eine Funktion zur Wandlung
wenigstens eines analogen Signals in wenigstens ein digitales
Signal unter Verwendung einer ersten vorgegebenen
Referenzspannung durchführt dadurch gekennzeichnet, dass der
15 Analog-Digital-Wandler die Funktion alternativ unter Verwendung
wenigstens einer weiteren, insbesondere einer vorgegebenen
zweiten, Referenzspannung, durchführen kann, wobei der Analog-
Digital-Wandler derart gesperrt wird, dass eine Verwendung
wenigstens der weiteren, insbesondere der zweiten,
20 Referenzspannung durch den Analog-Digital-Wandler verhindert
wird, wobei zur Funktionsprüfung ein vorgegebenes analoges
Signal in ein digitales Signal gewandelt wird und das digitale
Signal ausgewertet wird.
- 2 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein
analoges Signal unter Verwendung der ersten Referenzspannung
gewandelt wird und zur Funktionsprüfung das unter Verwendung der
ersten Referenzspannung gewandelte digitale Signal mit einem
unter Verwendung der ersten Referenzspannung erwarteten,
30 vorgegebenen Signal ausgewertet wird.
- 3 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein
analoges Signal unter Verwendung der ersten Referenzspannung
gewandelt wird und zur Funktionsprüfung das unter Verwendung der
ersten Referenzspannung gewandelte digitale Signal mit einem
35

unter Verwendung der zweiten Referenzspannung erwarteten,
vorgegebenen Signal ausgewertet wird.

5 4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet,
dass zur Funktionsprüfung aus dem digitalen Signal, das aus dem
vorgegeben analogen Signal gewandelt wurde, die zur Wandlung
verwendete Referenzspannung ermittelt wird und die ermittelte,
zur Wandlung verwendete Referenzspannung mit wenigstens einer
vorgegebenen Referenzspannung verglichen wird.

10 5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet,
dass zur Funktionsprüfung das aus dem vorgegebenen analogen
Signal gewandelte digitale Signal mit wenigstens einem
erwarteten digitalen Signal verglichen wird.

15 6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig
von dem Vergleich der ermittelten Referenzspannung mit der
wenigstens einen vorgegebenen Referenzspannung auf Fehler
erkannt wird und eine vorgegebene Fehlerreaktion erfolgt, wobei
20 die Fehlerreaktion insbesondere abhängig von der ermittelten
Referenzspannung ist.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig
von dem Vergleich des aus dem vorgegebenen analogen Signal
gewandelten digitalen Signals mit dem wenigstens einen
erwarteten digitalen Signal auf Fehler erkannt wird und eine
vorgegebene Fehlerreaktion erfolgt, wobei die Fehlerreaktion
insbesondere abhängig von dem, aus dem vorgegebenen analogen
Signal gewandelten digitalen Signal ist.

30 8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass
eine Fehlerreaktion erfolgt wenn bei dem Vergleich keine
Übereinstimmung innerhalb einer vorgebbaren Toleranz erzielt
wird.

9. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Fehlerreaktion erfolgt wenn bei dem Vergleich Übereinstimmung innerhalb einer vorgebbaren Toleranz erzielt wird.

5

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem Analog-Digital-Wandler wenigstens zwei analoge Signale zur Wandlung zuführbar sind und wenigstens einem der wenigstens zwei analogen Signale nur genau eine Referenzspannung zur Wandlung zugeordnet wird.

10

11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein erstes analoges Signal als eine erste Gruppe von ersten Signalen gewandelt wird, welchen nur genau eine Referenzspannung zur Wandlung zugeordnet ist und wenigstens ein zweites analoges Signal als eine zweite Gruppe von zweiten Signalen gewandelt wird, welchem wenigstens zwei Referenzspannungen zur Wandlung zuordenbar sind.

15

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Gruppe von ersten analogen Signalen einem ersten Analog-Digital-Wandler (ADC1) und die zweite Gruppe von zweiten analogen Signalen einem zweiten Analog-Digital-Wandler (ADC2) zugeordnet wird.

20

13. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionsprüfung an einem vorgegebenen analogen Testsignal durchgeführt wird.

30

14. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionsprüfung ausschließlich an einem vorgegebenen analogen Testsignal durchgeführt wird.

35

15. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Analog-Digital-Wandler in zwei Modi betrieben werden kann, wobei

ein erster Modus die Verwendung verschiedener Referenzspannungen zur Wandlung gestattet und ein zweiter Modus nur eine Referenzspannung zur Wandlung zuläßt.

- 5 16. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei Werte für verschiedene Referenzspannungen in einer Tabelle in einem Speicher abgelegt sind und durch Auswahl eines Wertes eine Referenzspannung zur Verwendung bei der Wandlung vorgegeben wird.
- 10 17. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionsprüfung nur für die erste Gruppe der ersten analogen Signale durchgeführt wird.
- 15 18. Vorrichtung mit einem Analog-Digital-Wandler zur Funktionsprüfung des Analog-Digital-Wandlers, wobei der Analog-Digital-Wandler eine Funktion zur Wandlung wenigstens eines analogen Signals in wenigstens ein digitales Signal unter Verwendung einer ersten vorgegebenen Referenzspannung durchführt
- 20 dadurch gekennzeichnet, dass der Analog-Digital-Wandler die Funktion alternativ unter Verwendung wenigstens einer weiteren, insbesondere einer vorgegebenen zweiten, Referenzspannung, durchführen kann, wobei erste Mittel enthalten sind, die den Analog-Digital-Wandler derart sperren, dass eine Verwendung wenigstens der weiteren, insbesondere der zweiten, Referenzspannung durch den Analog-Digital-Wandler verhindert wird, wobei zur Funktionsprüfung ein vorgegebenes analoges Signal in ein digitales Signal gewandelt wird und zweite Mittel enthalten sind, die das durch die Wandlung entstandene digitale
- 30 Signal auswerten.
19. Analog-Digital-Wandler mit Mitteln zur Funktionsprüfung desselben, wobei der Analog-Digital-Wandler eine Funktion zur Wandlung wenigstens eines analogen Signals in wenigstens ein
- 35 digitales Signal unter Verwendung einer ersten vorgegebenen

Referenzspannung durchführt dadurch gekennzeichnet, dass der Analog-Digital-Wandler die Funktion alternativ unter Verwendung wenigstens einer weiteren, insbesondere einer vorgegebenen zweiten, Referenzspannung, durchführen kann, wobei erste Mittel
5 enthalten sind, die den Analog-Digital-Wandler derart sperren, dass eine Verwendung wenigstens der weiteren, insbesondere der zweiten, Referenzspannung durch den Analog-Digital-Wandler verhindert wird, wobei zur Funktionsprüfung ein vorgegebenes analoges Signal in ein digitales Signal gewandelt wird und
10 zweite Mittel enthalten sind, die das durch die Wandlung entstandene digitale Signal auswerten.

08.04.02 Sy/Hx

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren und Vorrichtung zur Funktionsprüfung eines Analog-Digital-Wandlers sowie Analog-Digital-Wandler

Zusammenfassung

15

Verfahren und Vorrichtung zur Funktionsprüfung eines Analog-Digital-Wandlers, wobei der Analog-Digital-Wandler eine Funktion zur Wandlung wenigstens eines analogen Signals in wenigstens ein digitales Signal unter Verwendung einer ersten vorgegebenen Referenzspannung durchführt dadurch

20

gekennzeichnet, dass der Analog-Digital-Wandler die Funktion alternativ unter Verwendung wenigstens einer weiteren, insbesondere einer vorgegebenen zweiten, Referenzspannung, durchführen kann, wobei der Analog-Digital-Wandler derart gesperrt wird, dass eine Verwendung wenigstens der weiteren, insbesondere der zweiten, Referenzspannung durch den Analog-Digital-Wandler verhindert wird, wobei zur Funktionsprüfung ein vorgegebenes analoges Signal in ein digitales Signal gewandelt wird und das digitale Signal ausgewertet wird.

0

(Figur 2)

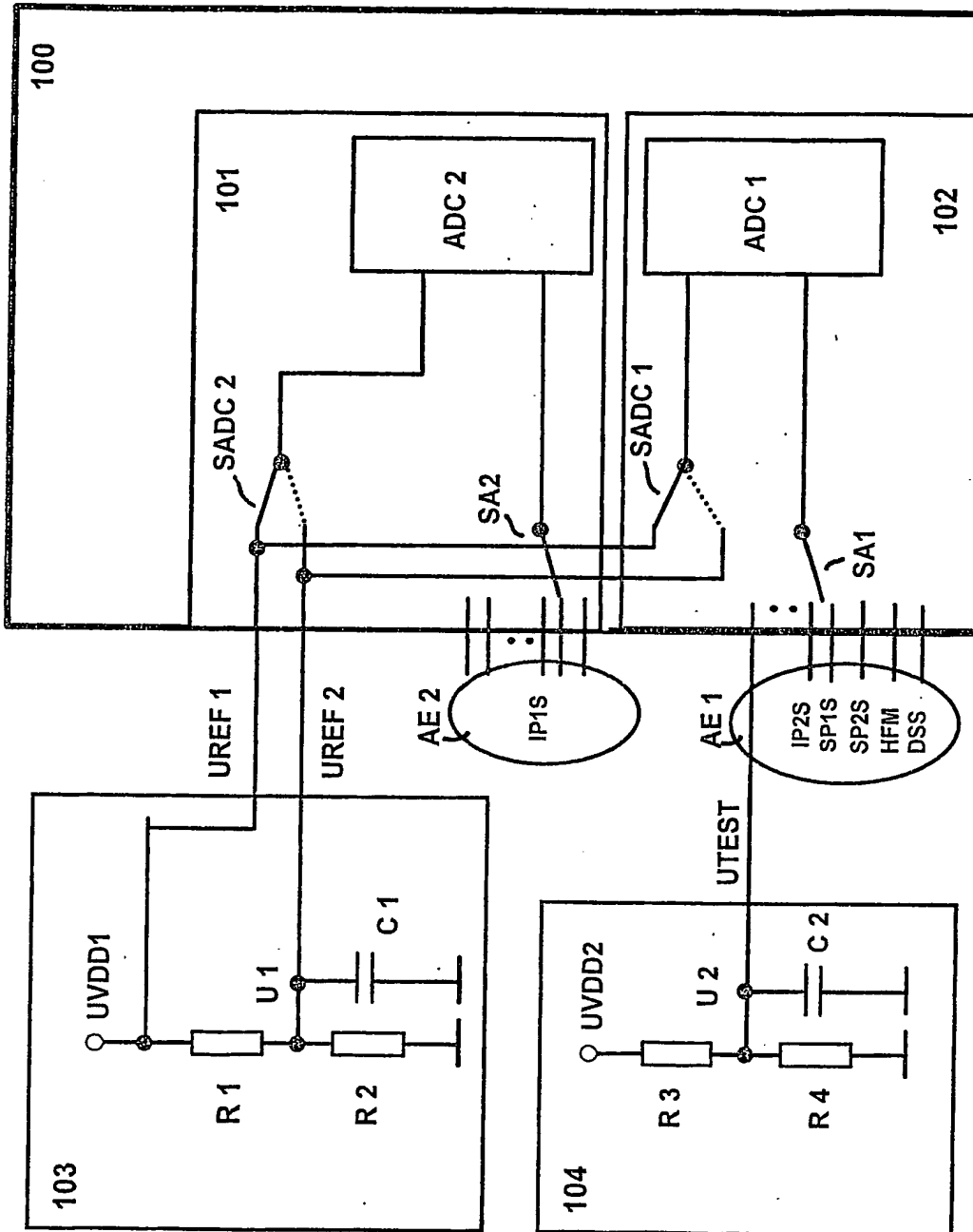


Fig. 1

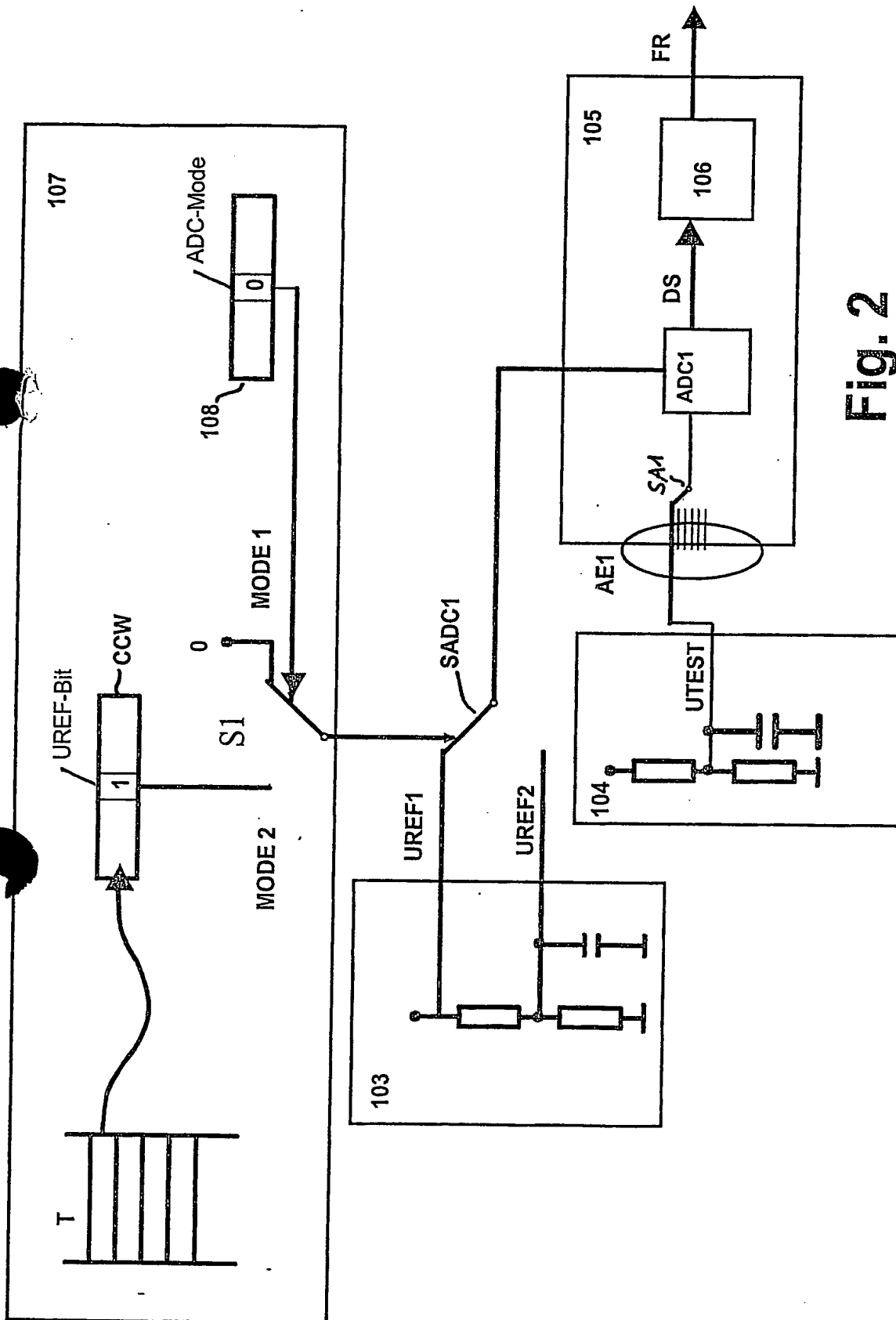
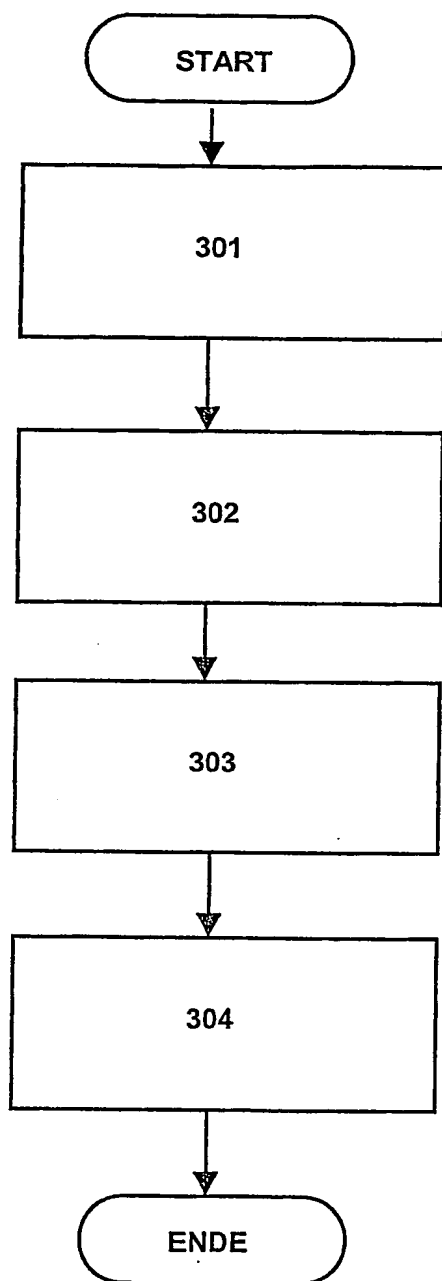


Fig. 2

3/3

**Fig. 3**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.